

дарського водопостачання // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.49. – К.: Техніка, 2003. – С.107-114.

Отримано 14.07.2004

УДК 628.16.087 : 620.19 + 628.162.4

А.Я.НАЙМАНОВ, д-р техн. наук, Н.И.ЗОТОВ, канд. техн. наук,
С.Е.АНТОНЕНКО

Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Рассматривается возможность подпитки паровых котлов электрохимически умягченной водой. Дана модель установки. Приведены зависимости интенсивности накипеобразования от дозы электричества и средние показатели качества воды.

Котлы, используемые в системах отопления, сильно страдают от накипеобразования. При нагревании в воде происходят различные физико-химические процессы, которые приводят к образованию нерастворимых соединений CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Находясь в воде во взвешенном состоянии, они под действием термо-э.д.с. стремятся закрепиться на поверхности нагрева котла. В результате на его внутренней стенке образуется слой накипи толщиной 3-5 мм. Являясь плохим проводником тепла, эти отложения снижают коэффициент теплопередачи и нарушают тепловой режим котельной. Для поддержания температуры воды на должном уровне приходится увеличивать расход топлива. К тому же уменьшается срок службы котлов.

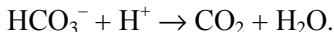
Проблему повышения эффективности работы котельных установок можно решить путем химической или физической обработки воды. Наиболее распространенная сейчас химическая противонакипная обработка воды на Na-катионитных фильтрах или комплексонами экономически оправдывает себя только на котельных большой производительности. Для котельных малой и средней производительности сопутствующие этим методам затраты на содержание реагентного хозяйства и дополнительного обслуживающего персонала слишком ощутимы и им проще использовать необработанную воду. Магнитная и ультразвуковая противонакипная обработка воды применяются довольно редко, т.к. они недостаточно изучены и имеют низкий КПД [1, 2].

Работа выполнена в рамках государственной программы охраны окружающей среды – 4-е направление научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины.

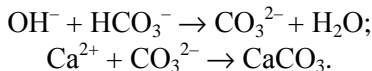
Целью настоящих исследований является разработка электрохи-

мической технологии водоподготовки для паровых котлов.

При электролизе воды на электродах выделяются ионы H^+ и OH^- , которые способствуют изменению показателей качества воды. В анодной зоне протекает распад частиц накипи и подкисление:



В катодной зоне идет коагуляция и укрупнение микрокристаллов CaCO_3 , что снижает их адгезию к поверхности нагрева:



Таким образом, в большинстве частицы накипи оседают на дно в виде шлама или на катоде, а стенки котла остаются чистыми.

В связи с вышеизложенным можно сделать вывод, что применение противонакипной электрообработки воды постоянным током представляет значительный интерес в направлении экономии топливно-энергетических ресурсов и улучшения экологической обстановки в Донбассе. Довольно значительный опыт, накопленный при использовании данного метода в водоподготовке водогрейных котельных, позволяет считать перспективным его применение и в водоподготовке паровых котлов. Установлено, что в водогрейных котельных применение противонакипной электрообработки позволяет отказаться от натрийкатионитного умягчения подпиточной воды. Это резко снижает сбросы засоленных стоков в водоемы. Кроме того, себестоимость противонакипной электрообработки на порядок ниже натрийкатионирования, эффективность снижения накипеобразования близка к 100%.

Однако на пути использования противонакипной электрообработки для паровых котлов стоят значительные трудности, связанные с различиями в водно-химическом режиме водогрейных и паровых котлов, в частности, более высокие температуры и кипение воды в паровых котлах, преимущественное отложение гидратной накипи вместо карбонатной. Кроме того, противонакипные аппараты в водогрейных котельных устанавливаются в циркуляционном контуре на обратной линии из системы отопления. В паровых котлах использование такой схемы размещения противонакипных аппаратов следует считать проблематичным, поскольку в целом ряде случаев возврат конденсата даже не предусматривается. Таким образом, если в водогрейных котельных в системах отопления обработке подвергается циркулирующая сетевая вода, то в паровых необходимо подвергать обработке подпиточную воду. Это требует увеличения затрат электроэнергии, поскольку

ку изменяется механизм действия электрообработки. Вместо коагуляции небольшой массы накипеобразующих частиц в циркулирующей воде систем отопления придется подвергать электрохимическому умягчению подпиточную воду паровых котлов. Однако метод может оказаться более выгодным, чем катионитное умягчение, либо может использоваться как предочистка перед катионированием.

Для проверки этого предположения был проведен ряд опытов на лабораторной установке. В схему входит диафрагменный аппарат электрохимического умягчения воды 1 с графитовым 2 и стальным 3 электродами (объем установки 10 л, площадь электродов 104 см²), выпрямитель 4, модель парового котла 5 и бак подпиточной воды 6. Модель котла (рис.1) состоит из емкости объемом 5 л, выполненной из нержавеющей стали. В емкости размещен электрический нагревательный элемент 7 мощностью 1 кВт, через лабораторный автотрансформатор 8 он подключается в электросеть. Основная емкость соединена с водомерным стеклом 9, что позволяет контролировать уровень жидкости в котле. Пар, вырабатываемый установкой, проходя через ротаметр 10, выбрасывается в атмосферу. На крышке емкости расположен манометр 11. Подпитка котла осуществляется в нижнюю часть емкости через обратный клапан 12. Опорожнение системы осуществляется через вентиль 13.

Производительность котла составляла 0,8-1,0 кг пара в час, температура пара 105 °С, давление около 0,2 кгс/см². Уровень воды в котле поддерживался примерно на середине его высоты (объем воды 2,5 л). В течение каждого опыта пар из котла выбрасывался в атмосферу, таким образом в нем происходило упаривание воды, накипь отлагалась на электронагревателе. Интенсивность накипеобразования оценивалась взвешиванием нагревательного элемента.

Продолжительность серии опытов принята 72 ч. Подпитка котла производилась водой прошедшей электрохимическое умягчение при разных дозах электричества (удельном расходе электричества): 0, 50, 100 и 150 А-ч/м³. Естественно, подпиточная вода имела разную глубину умягчения. Жесткость ее составляла от 10-11,8 мг-экв/л при дозе электричества, равной нулю (неумягченная водопроводная вода), до 0,2 мг-экв/л при дозе электричества 150 А-ч/м³. Каждый опыт при подпитке умягченной разными дозами электричества водой повторялся не менее трех раз. До начала и по окончании опыта котловая вода подвергалась химическому анализу, результаты которого приведены в таблице. Кратность упаривания воды составляла 29-30 раз.

Результаты химических анализов свидетельствуют, что, несмотря на многократное упаривание воды, ее жесткость изменяется непропор-

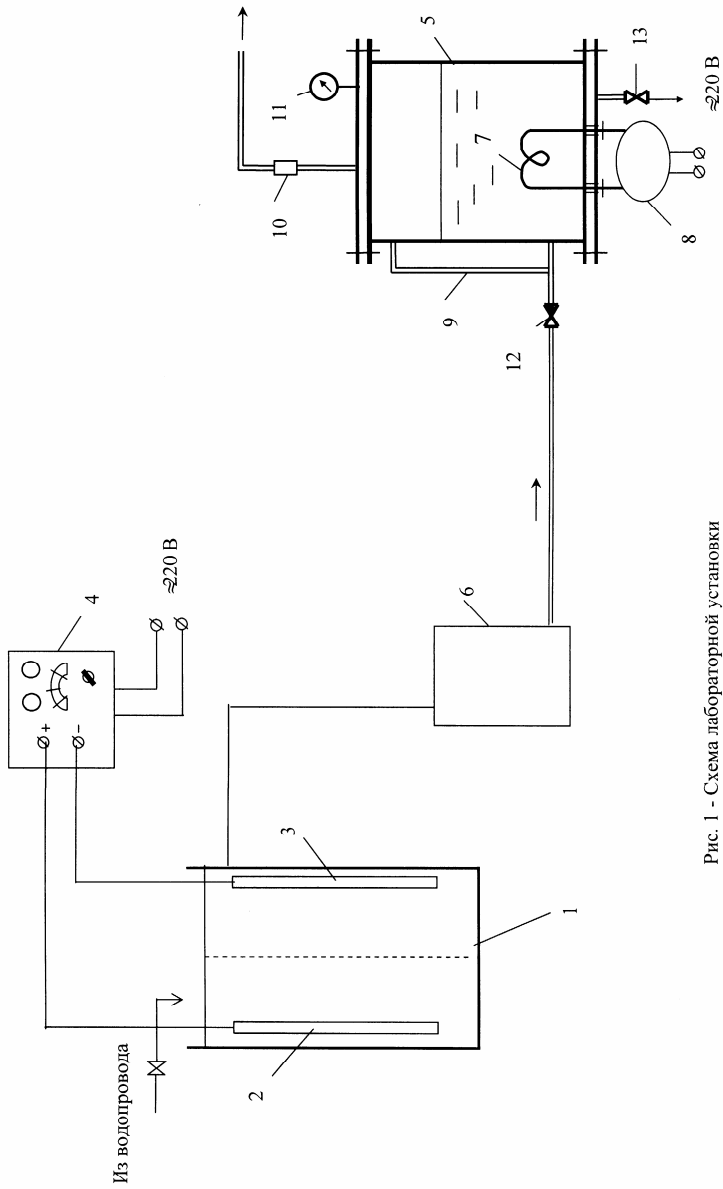


Рис. 1 - Схема лабораторной установки

ционально и в большинстве опытов падает. То же касается содержания в воде ионов кальция. Очевидно, что соли жесткости осаждаются либо на поверхности нагревательного элемента, либо на стенках котла и образуют накипь. Высокие величины pH в ряде опытов свидетельствуют о преимущественно гидратной щелочности котловой воды.

Средние показатели качества воды при проведении эксперимента

Условия проведения опыта	Характеристика воды									
	вода, заполняющая систему					вода после опорожнения системы				
	t, °C	pH	Що	Жо	Ca ²⁺	t, °C	pH	Що	Жо	Ca ²⁺
			мл-экв/л					мл-экв/л		
Вода не обработана электричеством	18	8,6	4,6	6,0	4,6	16	8,2	1,8	11,8	7,6
Вода обработана дозой в 50А·ч/м ³	18	9,5	3,5	3,7	1,8	18	9,4	2,0	2,6	1,8
Вода обработана дозой в 100 А·ч/м ³	21	10,6	4,0	1,8	0,7	16	10,6	19,6	0,4	0,2
Вода обработана дозой в 150 А·ч/м ³	21	11,2	4,6	0,9	0,4	21	10,5	23,2	0,2	0,1

По результатам взвешивания нагревательных элементов вычислена скорость накипеобразования г/(м²·ч) и построен график (рис.2), на котором приведена зависимость скорости накипеобразования на нагревательных элементах от дозы электричества, при которой проводилось электрохимическое умягчение подпиточной воды. Математическая обработка данных выполнена на компьютере по стандартной программе.

Графическая зависимость скорости накипеобразования от дозы электричества напоминает типичную коагуляционную кривую. Недостаточное умягчение воды при дозе электричества 50 А·ч/м³ приводит к росту накипеобразования на поверхности теплообмена. Видимо, здесь имеет место «первичное» и «вторичное» накипеобразование, которое обусловлено осаждением из объема раствора частиц карбоната кальция, образовавшихся в результате электролиза. Но эти частицы очень малы и их укрупнению помешала недостаточная доза электричества. Мелкие частицы хорошо адсорбируются на поверхностях металла и слое накипи. Повышение дозы электричества ведет к увеличению глубины умягчения и в объеме раствора при электролизе образуются крупные частицы, которые хорошо осаждаются в электролизе. Поэтому в объеме котловой воды нет образовавшихся при электролизе частиц накипеобразующих солей и доля «вторичного» накипеобразования падает, а вместе с этим падает и общая интенсивность накипеобразо-

вания.

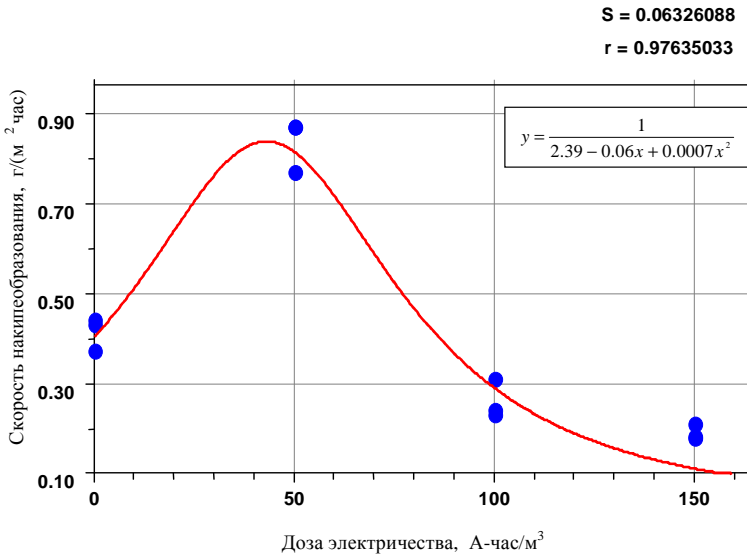


Рис.2 – Зависимость накипеобразования от дозы электричества подаваемой для обработки подпиточной воды.

Таким образом, электрохимическая технология водоподготовки котельных установок позволяет снизить накипеобразование на теплоотдающих поверхностях котельных агрегатов.

Результаты исследований могут быть использованы при расчете и проектировании систем водоподготовки паровых котлов, систем отопления и горячего водоснабжения промышленных предприятий.

- 1.Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – М.: Энергия, 1999. – 288 с.
- 2.Фархадов А.А. Электрохимический метод борьбы с накипью. – М.: Энергия, 2000. – 124 с.
- 3.Кулаков Н.Г., Бережнов И.А. Справочник по эксплуатации систем теплоснабжения. – К.: Будівельник, 1998. – 368 с.
- 4.Найманов А.Я., Найманова А.А. Влияние электрообработки на накипеобразование на теплопередающих поверхностях // Теплоэнергетика. – 1998. – №7. – С.59-62.

Получено 22.06.2004